



Федеральное агентство по рыболовству
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Калининградский государственный технический университет»
(ФГБОУ ВО «КГТУ»)

УТВЕРЖДАЮ
Начальник УРОПСП

Фонд оценочных средств
(приложение в рабочей программе модуля)
«ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА»

основной профессиональной образовательной программы бакалавриата
по направлению подготовки

13.03.02 ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

ИНСТИТУТ

морских технологий, энергетики и строительства

РАЗРАБОТЧИК

кафедра энергетики

1 РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 1 – Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с установленными индикаторами достижения компетенций

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Дисциплина	Результаты обучения (владения, умения и знания), соотнесенные с компетенциями/индикаторами достижения компетенции
ОПК-4 Способен использовать методы анализа и моделирования электрических цепей и электрических машин	ОПК-4.3 Использует методы расчета переходных процессов в электрических цепях постоянного и переменного тока, а также понимает принцип действия электронных устройств	Промышленная электроника (Раздел 2. Энергетическая электроника)	<p><u>Знать:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - основные физические принципы работы силовых преобразовательных устройств, характеристики, особенности конструктивного исполнения, методы обеспечения надежной работы при проектировании; - принципы построения схем полупроводниковых преобразователей электроэнергии, их разновидности, характеристики и основные расчетные соотношения; - роль и функции преобразовательной техники в процессах генерации и преобразования электрической энергии, в повышении качества электроэнергии, в энергосбережении; <p><u>Уметь:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - проводить анализ процессов в устройствах энергетической электроники; - рассчитывать параметры устройств энергетической электроники; <p><u>Владеть:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - методами расчета электромагнитных процессов, протекающих в полупроводниковых преобразователях электроэнергии; - методами решения конкретных задач путем выбора оборудования из каталогов или разработки электронных технических средств; - методами выбора контрольно-измерительных приборов для измерений, анализа научно-технической литературы, моделирования работы устройств энергетической электроники.

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПОЭТАПНОГО ФОРМИРОВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ) И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

2.1 Для оценки результатов освоения дисциплины используются:

- оценочные средства текущего контроля успеваемости;
- оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине.

2.2 К оценочным средствам текущего контроля успеваемости относятся:

- задания и контрольные вопросы к лабораторным работам;
- задания по темам практических занятий;
- тестовые задания.

2.3 К оценочным средствам для промежуточной аттестации по дисциплине, проводимой в форме экзамена, относятся:

- задания по курсовым работам;
- вопросы к экзамену.

3 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ

3.1 Для оценки освоения тем дисциплины студентами очной формы обучения используются задания на лабораторные работы и контрольные вопросы (приложение 1).

Оценка результатов выполнения лабораторной работы проводится при представлении студентом отчета по лабораторной работе и на основании ответов студента на контрольные вопросы по тематике работы. По результатам защиты отчетов по лабораторным работам и ответов на контрольные вопросы выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно», которая учитывается при промежуточной аттестации.

3.2 Для оценки освоения тем дисциплины студентами заочной формы обучения используются практические задания (приложение 2).

По результатам выполнения практических задания выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно», которая учитывается при промежуточной аттестации (сдаче дифференцированного зачета).

3.3 Тестовые задания используются для оценки освоения тем дисциплины студентами. Тестирование обучающихся проводится на занятиях после изучения на лекциях соответствующих разделов. В приложении 3 приведены типовые тестовые задания. Ключи правильных ответов к тестовым заданиям приведены в приложении 6.

По итогам выполнения тестовых заданий выставляется оценка в соответствии со следующими критериями:

- при правильных ответах на 84–100 % заданий – оценка «отлично»);
- при правильных ответах на 68–83 % заданий – оценка «хорошо»;
- при правильных ответах на 51–67 % заданий – оценка «удовлетворительно» ;
- при правильных ответах на менее 50 % заданий – оценка «неудовлетворительно».

4 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

4.1 Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена. К экзамену допускаются студенты, положительно аттестованные по результатам текущего контроля.

4.2 Студенты всех форм обучения выполняют курсовую работу (приложение 4).

При оценке курсовой работы учитывается ее содержание, а также ответы студента на вопросы преподавателя в процессе защиты.

Оценка «отлично» ставится, если курсовая работа содержит полный объем необходимых расчетов, отсутствуют ошибки, пояснительная записка оформлена в соответствии с требованиями, выводы обоснованы, при защите студент показывает свободное владение материалом работы, правильно и полно отвечает на вопросы.

Оценка «хорошо» ставится, если курсовая работа содержит необходимые расчеты в соответствии с темой, правильные выводы, но уровень обоснованности результатов недостаточный, или имеются принципиальные ошибки, при защите студент показывает владение материалом, но не четко формулирует ответы на заданные вопросы.

Оценка «удовлетворительно» ставится, если результаты в основном верные, но курсовая работа содержит небольшое количество принципиальных ошибок, выводы слабо обоснованы, имеются грубые ошибки в оформлении, на заданные вопросы при защите студент не дает полных и аргументированных ответов.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если содержание работы не соответствует заданию, нарушена последовательность изложения материала, имеются принципиальные ошибки в теоретическом обосновании и расчетах, при защите студент обнаруживает непонимание процессов, происходящих в устройстве энергетической электроники, незнание основных теоретических положений и принципов расчета.

4.3 Экзамен проводится в форме устного ответа на вопросы билета. В приложении 5 приведены контрольные вопросы к экзамену.

Оценки на экзамене выставляются в соответствии с четырехбалльной шкалой (отлично, хорошо, удовлетворительно, неудовлетворительно).

Оценки "отлично" заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание материала дисциплины, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой.

Оценки "хорошо" заслуживает студент, обнаруживший систематический характер знаний по дисциплине и способный к их самостоятельному пополнению, успешно выполнивший предусмотренные программой задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную программой.

Оценки "удовлетворительно" заслуживает студент, обнаруживший знание основного материала дисциплины в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, справляющийся с выполнением большинства заданий, предусмотренных программой, знакомый с основной литературой, однако допустивший неприципиальные погрешности в ответах.

Оценка "неудовлетворительно" выставляется студенту, обнаружившему принципиальные пробелы в знаниях учебного материала, допустившему грубые ошибки в ответах.

5 СВЕДЕНИЯ О ФОНДЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ И ЕГО СОГЛАСОВАНИИ

Фонд оценочных средств для аттестации по дисциплине «Энергетическая электроника» представляет собой компонент основной профессиональной образовательной программы бакалавриата по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника.

Фонд оценочных средств рассмотрен и одобрен на заседании кафедры энергетики (протокол № 4 от 29.03.2022 г.)

Заведующий кафедрой



В.Ф. Белей

ЗАДАНИЯ К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ И КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ СУДЕНТОВ ОЧНОЙ ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Лабораторная работа 1. Знакомство с системой Multisim

Задание: ознакомиться с интерфейсом программы Multisim и составом базы компонентов, освоить принципы и основные приемы создания моделей, их редактирования и исследования.

План проведения занятия:

1. Запустить программу Multisim.
2. Рассмотреть меню программы, панели инструментов и окна, ознакомиться с библиотекой компонентов.
3. Познакомиться со способами настройки среды Multisim, свойств листа и пользовательского интерфейса.
4. Изучить приемы построения моделей электрических и электронных устройств, а также их редактирования.
5. Изучить набор измерительных приборов и пробников, особенности их использования.

После ознакомления с программой студент выполняет моделирование простого электрического или электронного устройства в соответствии с заданием преподавателя, выполняет аналитический расчет и предъявляет преподавателю результат сравнения экспериментальных и расчетных данных.

Контрольные вопросы:

1. Каковы общие принципы создания моделей в Multisim?
2. Какие виртуальные приборы используются для измерения средних и действующих значений величин?
3. Как определить форму напряжения и тока как функции времени?
4. Как настраивается процесс моделирования?

Лабораторная работа 2. Исследование однофазного однополупериодного выпрямителя при работе на активную нагрузку

План проведения занятия:

1. Собрать модель однофазного однополупериодного выпрямителя в соответствии с вариантом.
2. Зафиксировать форму кривой выпрямленного напряжения $u_d(t)$.
3. Измерить вольтметром среднее выпрямленное напряжение U_d .
4. Определить по осциллограмме максимальный ток диода $I_{д.макс}$ и максимальное напряжение на запертом диоде $U_{д.макс}$.
5. Рассчитать U_d , $I_{д.макс}$, $U_{д.макс}$ и сравнить с экспериментальными данными.
6. Зафиксировать и объяснить форму первичного тока трансформатора.

Контрольные вопросы:

1. Указать достоинства и недостатки однофазного однополупериодного выпрямителя.
2. Как определяются максимальные токи и напряжения вентилей теоретически и в ходе эксперимента?
3. Определить частоту пульсаций выпрямленного напряжения.
4. Какова форма тока, потребляемого из сети?
5. По какой причине подмагничивание трансформатора?

Лабораторная работа 3. Исследование однофазного двухполупериодного выпрямителя при работе на активную нагрузку

План проведения занятия:

1. Собрать модель однофазного двухполупериодного выпрямителя в соответствии с вариантом.
2. Зафиксировать форму кривой выпрямленного напряжения $u_d(t)$.
3. Измерить вольтметром среднее выпрямленное напряжение U_d .
4. Определить по осциллограмме максимальный ток диода $I_{д.макс}$ и максимальное напряжение на запертом диоде $U_{д.макс}$.
5. Рассчитать U_d , $I_{д.макс}$, $U_{д.макс}$ и сравнить с экспериментальными данными.
6. Зафиксировать и объяснить форму первичного тока трансформатора.

Контрольные вопросы:

1. Указать достоинства и недостатки однофазного двухполупериодного выпрямителя в сравнении с однополупериодным.
2. Сравнить характеристики нулевой и мостовой выпрямительных схем.
2. Как определяются максимальные токи и напряжения вентилей теоретически и в ходе эксперимента?
3. Определить частоту пульсаций выпрямленного напряжения.

4. Какова форма тока, потребляемого из сети?

Лабораторная работа 4. Исследование трехфазного выпрямителя при работе на активную нагрузку

План проведения занятия:

1. Собрать модель трехфазного выпрямителя в соответствии с вариантом.
2. Зафиксировать форму кривой выпрямленного напряжения $u_d(t)$.
3. Измерить вольтметром среднее выпрямленное напряжение U_d .
4. Определить по осциллограмме максимальный ток диода $I_{д.макс}$ и максимальное напряжение на запертом диоде $U_{д.макс}$.
5. Рассчитать U_d , $I_{д.макс}$, $U_{д.макс}$ и сравнить с экспериментальными данными.
6. Зафиксировать и объяснить форму входного тока выпрямителя.

Контрольные вопросы:

1. Указать достоинства и недостатки трехфазных выпрямителей.
2. Как определяются максимальные токи и напряжения вентилей теоретически и в ходе эксперимента?
3. Определить частоту пульсаций выпрямленного напряжения.
4. Какова форма тока, потребляемого из сети?
5. Сравнить характеристики нулевой и мостовой выпрямительных схем.
6. В какой трехфазной выпрямительной схеме возникает подмагничивание трансформатора и почему?

Лабораторная работа 5. Исследование однофазного однополупериодного управляемого выпрямителя при работе на активную нагрузку

План проведения занятия:

1. Собрать модель однофазного однополупериодного управляемого выпрямителя в соответствии с вариантом.
2. Запустить процесс эмуляции.
3. Зафиксировать форму кривой выпрямленного напряжения $u_d(t)$ для нескольких характерных значений угла управления α .
4. Изменяя угол управления, снять регулировочную характеристику выпрямителя.
5. Рассчитать регулировочную характеристику по исходным данным.
6. Для сравнения результатов построить экспериментальную и расчетную регулировочные характеристики на одном графике.

Контрольные вопросы:

1. Чем определяется диапазон регулирования угла управления?
2. Как зависит гармонический состав выпрямленного напряжения от угла управления?
3. Каково влияние угла управления на форму тока, потребляемого из сети?

Лабораторная работа 6. Исследование однофазного двухполупериодного управляемого выпрямителя при работе на активную нагрузку

План проведения занятия:

1. Собрать модель однофазного двухполупериодного управляемого выпрямителя в соответствии с вариантом.
2. Запустить процесс эмуляции.
3. Зафиксировать форму кривой выпрямленного напряжения $u_d(t)$ для нескольких характерных значений угла управления α .
4. Изменяя угол управления, снять регулировочную характеристику выпрямителя.
5. Рассчитать регулировочную характеристику по исходным данным.
6. Для сравнения результатов построить экспериментальную и расчетную регулировочные характеристики на одном графике.

Контрольные вопросы:

1. Чем определяется диапазон регулирования угла управления?
2. Как зависит гармонический состав выпрямленного напряжения от угла управления?
3. Каково влияние угла управления на форму тока, потребляемого из сети?
4. Сравнить регулировочную характеристику однополупериодного и двухполупериодного управляемого выпрямителя.

Лабораторная работа 7. Исследование трехфазного управляемого выпрямителя при работе на активную нагрузку

План проведения занятия:

1. Собрать модель трехфазного управляемого выпрямителя в соответствии с вариантом.
2. Запустить процесс эмуляции.
3. Зафиксировать форму кривой выпрямленного напряжения $u_d(t)$ для нескольких характерных значений угла управления α .
4. Изменяя угол управления, снять регулировочную характеристику выпрямителя.
5. Рассчитать регулировочную характеристику по исходным данным.

6. Для сравнения результатов построить экспериментальную и расчетную регулировочные характеристики на одном графике.

Контрольные вопросы:

1. Чем определяется диапазон регулирования угла управления?
2. Как зависит гармонический состав выпрямленного напряжения от угла управления?
3. Каково влияние угла управления на форму тока, потребляемого из сети?
4. Сравнить регулировочную характеристику нулевой и мостовой выпрямительной схемы.

Лабораторная работа 8. Исследование выпрямителей при работе на активно-индуктивную нагрузку

План проведения занятия:

1. Собрать модель однополупериодного выпрямителя по индивидуальному заданию.
2. Запустить процесс эмуляции.
3. Зафиксировать величину ϑ_1 , на которую увеличивается сверх значения π интервал проводимости вентиля.
4. Рассчитать зависимость $\vartheta_1(\varphi)$. Сравнить расчетные и экспериментальные зависимости.
5. Ввести в модель нулевой диод. Зафиксировать и объяснить форму выпрямленного напряжения и выпрямленного тока.
6. Изменяя индуктивность нагрузки L , определить экспериментально зависимость $\vartheta_1(\varphi)$ при наличии нулевого диода.
7. Рассчитать зависимость $\vartheta_1(\varphi)$ при наличии нулевого диода. Сравнить расчетную и экспериментальную зависимости.
8. Для однофазной двухполупериодной выпрямительной схемы исследовать зависимость выпрямленного тока от параметра нагрузки φ .

Контрольные вопросы:

1. Какова причина увеличения интервала протекания тока в однополупериодной выпрямительной схеме?
2. Как зависит форма выпрямленного тока от параметра нагрузки φ ?
3. Каковы типовые методы расчета процессов в выпрямителе при работе на активно-индуктивную нагрузку?
4. Каково влияние индуктивности нагрузки на форму тока, потребляемого из сети?

Лабораторная работа 9. Исследование внешней характеристики выпрямителя

План проведения занятия:

1. Собрать модель выпрямителя по индивидуальному заданию
2. Запустить процесс эмуляции.
3. Зафиксировать и объяснить форму выпрямленного напряжения и тока вентеля.
4. Снять экспериментальную внешнюю характеристику выпрямителя.
5. Рассчитать внешнюю характеристику по исходным данным и сравнить с экспериментальной.

Контрольные вопросы:

1. Какова причина явления коммутации?
2. От чего зависит длительность интервала коммутации?
3. Чем определяется выпрямленное напряжение на интервале коммутации?
4. Что такое индуктивное падение напряжения в выпрямителях?
5. Что такое внешняя характеристика и как ее рассчитать?
6. Каково влияние явления коммутации на форму тока, потребляемого из сети?

ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАДАНИЯ И КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ СТУДЕНТОВ ЗАОЧНОЙ ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Задание 1. Расчет параметров неуправляемых выпрямителей

Выполняется вывод соотношений и расчет основных параметров неуправляемых выпрямителей при работе на активную нагрузку.

Контрольные вопросы:

1. Указать достоинства и недостатки каждой из выпрямительных схем.
2. Определить частоту пульсаций выпрямленного напряжения.
3. Какова форма тока, потребляемого из сети?
4. В каких выпрямителях возникает подмагничивание трансформатора и почему?

Задание 2. Расчет параметров управляемых выпрямителей

Выполняется вывод выражения для регулировочной характеристики и расчет диапазона изменения угла управления.

Контрольные вопросы:

1. Чем определяется диапазон регулирования угла управления?
2. Как зависит гармонический состав выпрямленного напряжения от угла управления?
3. Каково влияние угла управления на форму тока, потребляемого из сети?

Задание 3. Расчет влияния активно-индуктивной нагрузки

Выполняется анализ влияния индуктивности нагрузки на форму выпрямленного напряжения и тока.

Контрольные вопросы:

1. Какова причина увеличения интервала протекания тока в однополупериодной выпрямительной схеме?
2. Как зависит форма выпрямленного тока от величины индуктивности нагрузки?
3. Каковы типовые методы расчета процессов в выпрямителе при работе на активно-индуктивную нагрузку?
4. Каково влияние индуктивности нагрузки на форму тока, потребляемого из сети?

Задание 4. Расчет характеристик процесса коммутации

Выполняется расчет внешней характеристики для различных выпрямительных схем.

Контрольные вопросы:

1. Какова причина явления коммутации?
2. От чего зависит длительность интервала коммутации?
3. Чем определяется выпрямленное напряжение на интервале коммутации?
4. Что такое индуктивное падение напряжения в выпрямителях?
5. Что такое внешняя характеристика и как ее рассчитать?
6. Каково влияние явления коммутации на форму тока, потребляемого из сети?

Задание 5. Расчет характеристик ведомого инвертора

Выполняется расчет необходимого угла управления для обеспечения заданных режимов работы инвертора.

Контрольные вопросы:

1. Как обеспечивается инверторный режим работы выпрямителя?
2. Что такое угол опережения β и угол запаса δ ?
3. Чем ограничено минимальное значение угла опережения β ?
4. Что такое опрокидывание ведомого инвертора?
5. Что такое входная характеристика ведомого инвертора?
6. Как изменяется входное напряжение ведомого инвертора при увеличении входного тока? Какова основная причина этого изменения?

Задание 5. Расчет характеристик ведомого инвертора

Выполняется анализ формы тока автономного инвертора и расчет его параметров.

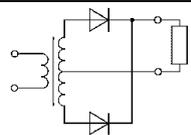
Контрольные вопросы:

1. Какой тип нагрузки характерен для инверторов напряжения и инверторов тока?
2. Какова форма напряжения нагрузки в автономном инверторе напряжения?
3. Как зависит форма тока нагрузки автономного инвертора напряжения от характера нагрузки?

ТИПОВЫЕ ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ

Вариант 1

Вопрос 1. К силовым относятся полупроводниковые приборы	
1. включенные в силовую цепь полупроводниковых преобразователей электроэнергии.	3. с максимальным допустимым средним током свыше 1000 А.
2. с максимальным допустимым средним током свыше 10 А или импульсным током свыше 100 А.	4. с конструктивным исполнением, предназначенным для работы с теплоотводом.
Вопрос 2. Для выравнивания токов параллельно включенных силовых полупроводниковых ключей	
1. их монтируют на общий теплоотвод.	3. их шунтируют высокоомными резисторами.
2. увеличивается интенсивность охлаждения наиболее нагретого ключа.	4. используется включение последовательно с каждым диодом сопротивления малой величины.
Вопрос 3. Наиболее быстродействующими полупроводниковыми ключами являются	
1. полевые транзисторы.	3. биполярные транзисторы.
2. тиристоры.	4. транзисторы IGBT.
Вопрос 4. Неуправляемый выпрямитель выполнен по трехфазной мостовой схеме и питается от сети с действующим значением линейного напряжения U_2 . Выпрямленное напряжение равно	
1. $\frac{2\sqrt{2}}{\pi} U_2$.	3. $\frac{\sqrt{2}}{\pi} U_2$.
2. $\frac{3\sqrt{6}}{2\pi} U_2$.	4. $\frac{3\sqrt{2}}{\pi} U_2$.
Вопрос 5. Неуправляемый выпрямитель по двухполупериодной нулевой схеме питается от трансформатора с действующим значением переменного напряжения на вторичной полуобмотке U_2 . Максимальное обратное напряжение диода равно	
1. $2\sqrt{2}U_2$.	3. $\sqrt{6}U_2$.
2. $\sqrt{3}U_2$.	4. $\sqrt{2}U_2$.
Вопрос 6. Регулировочная характеристика однофазного выпрямителя имеет вид	
1. $U_{d0} \left[1 + \cos \left(\alpha + \frac{\pi}{6} \right) \right]$.	3. $\frac{1 + \cos \alpha}{2} U_{d0}$.
2. $U_{d0} \left[1 + \cos \left(\alpha + \frac{\pi}{3} \right) \right]$.	4. $U_{d0} \cos \alpha$.
Вопрос 7. Выпрямитель работает на активно-индуктивную нагрузку. При $L_d \rightarrow \infty$ форма тока, потребляемого из сети	
1. стремится к прямоугольной.	3. стремится к синусоидальной.
2. представляет собой импульсы малой длительности.	4. не зависит от величины L_d .

Вопрос 8. Основной причиной снижения выпрямленного напряжения при увеличении тока нагрузки является	
1. увеличение прямого напряжения вентиляей	3. потеря напряжения в активных сопротивлениях сети.
2. падение напряжения на индуктивности рассеяния трансформатора.	4. увеличение времени обратного восстановления вентиляей.
Вопрос 9. При параллельном соединении выпрямительных мостов реакторы включают для	
1. ограничения тока короткого замыкания.	3. уменьшения пульсаций выпрямленного напряжения.
2. уменьшения пульсаций выпрямленного тока.	4. ограничения уравнивающих токов.
Вопрос 10. Выпрямитель, показанный на рисунке, питается от сети с частотой 50 Гц. Частота пульсаций выпрямленного напряжения равна	
	
1. 150 Гц.	3. 50 Гц.
2. 100 Гц.	4. 300 Гц.
Вопрос 11. Инвертор предназначен	
1. для преобразования переменного тока в постоянный.	3. для преобразования постоянного тока в переменный.
2. для изменения знака постоянного напряжения на нагрузке.	4. для поворота фазы переменного напряжения на 180°
Вопрос 12. Для перевода выпрямителя в инверторный режим необходимо	
1. установить величину напряжения источника в цепи постоянного тока больше амплитуды переменного напряжения и установить угол отпирания вентиляей больше $\pi/2$.	3. изменить полярность источника в цепи постоянного тока на противоположную и сделать угол отпирания вентиляей минимальным.
2. изменить полярность источника в цепи постоянного тока и установить угол отпирания вентиляей больше $\pi/2$.	4. подключить параллельно выпрямителю второй комплект с встречно включенными вентиляями.
Вопрос 13. Опрокидыванием инвертора называется	
1. процесс при изменении полярности источника постоянного напряжения на противоположную.	3. явление аварийного возрастания тока при уменьшении угла запаса ниже допустимого.
2. изменение направления передачи потока энергии на противоположное.	4. явление короткого замыкания в инверторе, вызванное пробоем одного из вентиляей.
Вопрос 14. В реверсивном преобразователе с отдельным управлением	
1. в любой момент времени работает только один комплект вентиляей.	3. углы управления вентиляльными комплектами устанавливаются независимо.
2. выравнивание напряжений вентиляльных комплектов выполняется за счет уравнивающих реакторов.	4. один из вентиляльных комплектов работает в выпрямительном режиме. другой – в инверторном.

Вопрос 15. Автономный инвертор тока	
1. потребляет от источника постоянный ток, не зависящий от сопротивления нагрузки.	3. питает нагрузку током прямоугольной формы.
2. предназначен для работы на активно-индуктивную нагрузку.	4. формирует на нагрузке напряжение прямоугольной формы.

Вопрос 16. В автономных инверторах с ШИМ	
1. ток нагрузки имеет прямоугольную форму.	3. частота коммутации вентиля совпадает с частотой первой гармоники напряжения нагрузки
2. форма напряжения на нагрузке определяется характером реактивных сопротивлений нагрузки.	4. кривая выходного напряжения представляет собой высокочастотные импульсы переменной длительности.

Вопрос 17. Непосредственный преобразователь частоты, питающийся от сети с частотой 50 Гц, обеспечивает регулирование выходной частоты в диапазоне	
1. от 25 Гц до 75 Гц.	3. от 0 до 50 Гц.
2. от 0 до 25 Гц.	4. от 0 до предельной частоты переключения вентиля.

Вопрос 18. В линиях электропередач постоянного тока	
1. энергия передается от ведомого инвертора к выпрямителю.	3. происходит обмен энергией между двумя ведомыми инверторами, подключенным с двух концов линии.
2. происходит перераспределение энергии между двумя выпрямителями, работающими на линию с двух ее концов.	4. энергия передается от выпрямителя к ведомому инвертору.

Вариант 2

Вопрос 1. Область безопасной работы – это	
1. диапазон допустимой мощности, коммутируемой полупроводниковым ключом.	3. область допустимых значений тока и напряжения, при которых полупроводниковый ключ может работать без повреждения.
2. границы допустимых климатических воздействий при работе полупроводникового ключа.	4. диапазон допустимых электрических параметров силового вентиляционного преобразователя.

Вопрос 2. Транзистор IGBT	
1. сочетает в одной полупроводниковой структуре входной полевой транзистор и мощный биполярный транзистор.	3. представляет собой включенные каскадно биполярные транзисторы разного типа проводимости.
2. представляет собой полевой транзистор с изолированным затвором и индуцированным каналом.	4. сочетает в одной полупроводниковой структуре входной полевой транзистор и тиристор.

Вопрос 3. Наиболее мощными управляемыми полупроводниковыми ключами являются	
1. диоды.	3. запираемые тиристоры.

2. традиционные тиристоры.	4. IGBT-транзисторы.
----------------------------	----------------------

Вопрос 4. Неуправляемый выпрямитель выполнен по трехфазной нулевой схеме и питается от трансформатора с действующим значением вторичного фазного напряжения $U_{2ф}$. Выпрямленное напряжение равно

1. $\frac{2\sqrt{2}}{\pi} U_{2ф}$.	3. $\frac{\sqrt{2}}{\pi} U_{2ф}$.
2. $\frac{3\sqrt{2}}{\pi} U_{2ф}$.	4. $\frac{3\sqrt{6}}{2\pi} U_{2ф}$.

Вопрос 5. Однофазный мостовой выпрямитель питается от сети с действующим значением напряжения U_2 . Максимальное обратное напряжение диода равно

1. $2\sqrt{2}U_2$.	3. $\sqrt{2}U_2$.
2. $\sqrt{3}U_2$.	4. $\sqrt{6}U_2$.

Вопрос 6. Регулировочная характеристика трехфазного мостового выпрямителя имеет вид

1. $U_{d0} \sin \alpha$.	3. $\frac{1+\cos \alpha}{2} U_{d0}$.
2. $U_{d0} \cos \alpha$.	4. $U_{d0} (1 + \cos \alpha)$.

Вопрос 7. Управляемый выпрямитель работает на активно-индуктивную нагрузку. Увеличение индуктивности L_d приводит к

1. уменьшению выпрямленного напряжения.	3. к появлению провалов в выпрямленном напряжении.
2. уменьшению содержания высших гармоник тока сети.	4. увеличению выпрямленного напряжения.

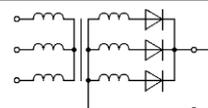
Вопрос 8. Внешней характеристикой выпрямителя называется

1. зависимость выпрямленного напряжения от угла управления.	3. зависимость выходного тока от сопротивления нагрузки.
2. зависимость выпрямленного напряжения от тока нагрузки.	4. зависимость тока сети от сопротивления нагрузки.

Вопрос 9. Трансформатор, питающий последовательно включенные выпрямительные мосты, содержит две группы вторичных обмоток, соединенных

1. треугольником.	3. звездой.
2. любым способом, но одинаковым для обеих групп.	4. одна звездой, другая треугольником.

Вопрос 10. Выпрямитель, показанный на рисунке, питается от сети с частотой 50 Гц. Частота пульсаций выпрямленного напряжения равна



1. 300 Гц.	3. 150 Гц.
2. 100 Гц.	4. 50 Гц.

Вопрос 11. Ведомый инвертор

1. передает энергию с выхода выпрямителя в сеть переменного тока.	3. формирует на выходе напряжение, величина и частота которого определяются
---	---

	параметрами другого (ведущего) инвертора.
2. передает энергию от источника постоянного напряжения в уже имеющуюся сеть переменного тока.	4. формирует на выходе напряжение, величина и частота которого определяются внешним задающим сигналом.

Вопрос 12. Угол опережения β в ведомых инверторах – это	
1. угол сдвига между напряжениями двух фаз, в которых происходит коммутация.	3. угол отпирания вентилей, при котором происходит перемена направления передачи электроэнергии.
2. угол запаса. необходимый для того, чтобы вентиль успел восстановить запирающую способность.	4. угол, отсчитываемый от момента отпирания вентиля до точки перехода переменного напряжения через ноль.

Вопрос 13. Входная характеристика ведомого инвертора – это	
1. зависимость входного тока инвертора от угла опережения.	3. зависимость напряжения в цепи постоянного тока от угла опережения.
2. зависимость угла коммутации от входного напряжения.	4. зависимость входного напряжения инвертора от среднего значения входного тока.

Вопрос 14. Двухкомплектные реверсивные преобразователи по сравнению с однокомплектными обеспечивают	
1. изменение полярности напряжения нагрузки.	3. более высокий ток нагрузки.
2. более высокое быстродействие при реверсе.	4. изменение направления тока нагрузки.

Вопрос 15. Автономный инвертор напряжения	
1. предназначен для работы на активно-индуктивную нагрузку.	3. формирует в нагрузке ток прямоугольной формы.
2. имеет в составе индуктивность для сглаживания потребляемого тока.	4. предназначен для работы на активно-емкостную нагрузку

Вопрос 16. В автономных инверторах с ШИМ	
1. синусоидальная форма тока нагрузки обеспечивается за счет изменения длительности импульсов в течение периода.	3. величина напряжения нагрузки регулируется за счет изменения ЭДС источника.
2. изменение частоты выходного напряжения достигается за счет регулирования частоты переключения вентилей.	4. синусоидальная форма тока нагрузки обеспечивается за счет включения на выходе инвертора сглаживающего фильтра.

Вопрос 17. Двухзвенный преобразователь частоты, питающийся от сети с частотой 50 Гц, обеспечивает регулирование выходной частоты в диапазоне	
1. от 50 Гц до 200 Гц.	3. от 0 до предельной частоты переключения вентилей.
2. от 0 до 25 Гц.	4. от 0 до 50 Гц.

Вопрос 18. Активный корректор коэффициента мощности	
1. коммутирует реактивные элементы, подключенные параллельно нагрузке, с	3. приближает форму тока, потребляемого из сети, к синусоидальной за счет широтно-

целью повышения $\cos\phi$.	импульсной модуляции.
2. регулирует величину тока, потребляемого дополнительно включенными реактивными элементами.	4. генерирует в сеть дополнительный ток, компенсирующий реактивную составляющую тока нагрузки.

Вариант 3

Вопрос 1. Цепь формирования траектории переключения предназначена для того, чтобы	
1. при коммутации ток и напряжение силового ключа не вышли за пределы области безопасной работы.	3. минимизировать время переключения вентиля.
2. при коммутации вентиля на нагрузке не возникали опасные перенапряжения.	4. ограничить высшие гармоники тока, потребляемые из сети.

Вопрос 2. Для отпирания тиристора необходимо	
1. подать на управляющий электрод постоянное положительное отпирающее напряжение.	3. подать на управляющий электрод отпирающий импульс при условии, что потенциал анода превышает потенциал катода
2. подать на анод положительное напряжение относительно катода.	4. кратковременно замкнуть с помощью полупроводникового ключа анод и управляющий электрод.

Вопрос 3. Особенностью симистора является	
1. малый ток управления.	3. возможность включения при помощи импульса любой полярности.
2. возможность включения коротким импульсом.	4. возможность коммутации тока обеих полярностей

Вопрос 4. Неуправляемый выпрямитель выполнен по однофазной мостовой схеме и питается от источника переменного напряжения с действующим значением U_2 . Выпрямленное напряжение равно	
1. $\frac{2\sqrt{2}}{\pi} U_2$.	3. $\frac{3\sqrt{2}}{\pi} U_2$.
2. $\frac{3\sqrt{6}}{2\pi} U_2$.	4. $\frac{\sqrt{2}}{\pi} U_2$.

Вопрос 5. Неуправляемый выпрямитель по трехфазной мостовой схеме питается от сети с действующим значением линейного напряжения U_2 . Максимальное обратное напряжение диода равно	
1. $2\sqrt{2}U_2$.	3. $\sqrt{6}U_2$.
2. $\sqrt{3}U_2$.	4. $\sqrt{2}U_2$.

Вопрос 6. Диапазон регулирования угла управления α в трехфазном нулевом выпрямителе составляет	
1. 120°	3. 90°
2. 180°	4. 150°

Вопрос 7. Неуправляемый выпрямитель работает на приемник с противо-ЭДС. Появление в цепи нагрузки индуктивности L_d приводит к

1. уменьшению длительности открытого состояния вентиля.	3. увеличению длительности открытого состояния вентиля.
2. уменьшению содержания высших гармоник в выходном напряжении.	4. увеличению выпрямленного напряжения U_d .

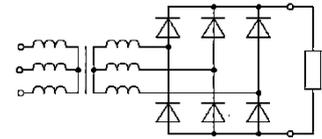
Вопрос 8. Угол коммутации γ – это угол, характеризующий

1. длительность процесса перехода тока с вентиля на вентиль.	3. соотношение активной и реактивной составляющих нагрузки.
2. момент отпирания вентилей.	4 момент выключения вентиля.

Вопрос 9. Трансформатор, питающий параллельно включенные выпрямительные мосты, имеет сдвиг фаз двух систем трехфазных напряжений, равный

1. 120° .	3. 30° .
2. 60° .	4. 0° .

Вопрос 10. Выпрямитель, показанный на рисунке, питается от сети с частотой 50 Гц. Частота пульсаций выпрямленного напряжения равна



1. 50 Гц.	3. 100 Гц.
2. 300 Гц.	4. 150 Гц.

Вопрос 11. Автономный инвертор

1. питает энергией сеть переменного тока, в которой нет других источников энергии той же частоты	3. предназначен для питания автономных электроприводов промышленных механизмов.
2. преобразует электроэнергию, вырабатываемую солнечными электростанциями.	4. предназначен для преобразования энергии, поступающей от автономного источника напряжения.

Вопрос 12. В ведомом инверторе угол управления и угол опережения связаны между собой соотношением

1. $\beta = \pi/2 - \alpha$.	3. $\beta = 2\pi - \alpha$.
2. $\beta = \pi + \alpha$.	4. $\beta = \pi - \alpha$.

Вопрос 13. Ограничительная характеристика ведомого инвертора определяет

1. диапазон токов инвертора, при которых его вентили работают без перегрузки.	3. предельно допустимый входной ток инвертора, обеспечивающий минимальный угол запаса.
2. допустимый диапазон углов опережения.	4. пределы величины ЭДС, в которых не нарушается коммутация вентилей.

Вопрос 14. Реверсивный преобразователь

1. – это инвертор, работоспособный при любой полярности напряжения.	3. обеспечивает перемену направления тока нагрузки.
2. может работать как в выпрямительном, так и в инверторном режиме.	4. обеспечивает изменение полярности напряжения и тока в нагрузке.

Вопрос 15. В резонансном автономном инверторе	
1. нагрузка питается синусоидальным напряжением.	3. выключение вентиля происходит за счет колебаний в LC -контуре.
2. выключение вентиля происходит за счет использования запираемых тиристоров.	4. частота выходного напряжения стабилизирована за счет колебательного контура.
Вопрос 16. В трехфазном автономном инверторе с длительностью открытого состояния 180°	
1. всегда одновременно открыты два вентиля: один подключен к положительному полюсу источника, другой – к отрицательному.	3. вентили трех однофазных инверторов открываются независимо друг от друга.
2. всегда одновременно открыты три вентиля: один подключен к положительному полюсу источника, два – к отрицательному, или наоборот.	4. всегда одновременно открыты четыре вентиля: два подключены к положительному полюсу источника, два других – к отрицательному.
Вопрос 17. Недостатком двухзвенного преобразователя частоты является	
1. малый диапазон регулирования выходной частоты.	3. большая величина потребляемого из сети реактивного тока.
2. низкий КПД.	4. высокое содержание гармоник в выходном напряжении.
Вопрос 18. При работе возобновляемого источника электроэнергии параллельно с энергосистемой используется	
1. ведомый инвертор для заряда аккумуляторной батареи.	3. автономный инвертор для питания нагрузки.
2. ведомый инвертор для передачи энергии в сеть.	4. ведомый инвертор для питания нагрузки.

ТИПОВОЕ ЗАДАНИЕ НА КУРСОВУЮ РАБОТУ

Задача курсовой работы – обучение студентов основным методам расчета характеристик силовых полупроводниковых преобразователей на примере наиболее характерного устройства – выпрямителя. При выполнении курсовой работы студенты закрепляют теоретические знания практическим выполнением расчетов, развивают навыки самостоятельной работы, формируют умение использовать техническую литературу, справочную и нормативную документацию.

Тема курсового проекта – расчет управляемого выпрямителя, работающего на активно-индуктивную нагрузку. В задании на курсовой проект указываются следующие данные.

- 1 Схема выпрямления.
- 2 Напряжение сети переменного тока.
- 3 Номинальное выпрямленное напряжение.
- 4 Параметры нагрузки: активное сопротивление R_d и индуктивность L_d .
- 5 Заданное значение угла управления α_3 для построения внешней характеристики, временных диаграмм и для расчета пульсаций.
- 6 Допустимые пульсации тока нагрузки, %.

Курсовая работа должен включать следующие элементы:

- титульный лист;
- задание на курсовую работу;
- расчет параметров и выбор силового трансформатора;
- расчет и построение регулировочной характеристики;
- расчет и построение внешних характеристик выпрямителя для $\alpha = 0$ и $\alpha = \alpha_3$;
- построение временных диаграмм работы выпрямителя для $\alpha = 0$ и $\alpha = \alpha_3$;
- определение гармонического состава напряжения нагрузки, расчет и выбор сглаживающего дросселя, обеспечивающего заданный коэффициент пульсаций при $\alpha = \alpha_3$;
- расчет гармонического состава и коэффициентов искажения синусоидальности тока, потребляемого из сети;
- выбор тиристорov.

Выбор трансформатора и определение его параметров

По исходным данным определяется номинальная мощность нагрузки P_n , определяемая при угле отпирания тиристорov $\alpha = 0$. По значению P_n с некоторым запасом, обусловленным потерями в тиристорах, соединительных проводах и контактных соединениях, выбирается номинальная мощность трансформатора из стандартного ряда, предусмотренного ГОСТ 9680-77. Далее по мощности выбирается конкретная модель трансформатора, и определяются его параметры.

По номинальному выпрямленному напряжению определяется требуемое вторичное напряжение трансформатора. Рассчитанное значение увеличивается с учетом возможного снижения напряжения сети и потерь. Согласно ГОСТ 32144-2013, допускается снижение напряжения до уровня 90% от номинального. Запас на потери рекомендуется установить 5%.

Используя значения напряжения короткого замыкания трансформатора u_k , и мощности потерь короткого замыкания P_k , определяем активное и индуктивное сопротивление фазы трансформатора, приведенные к первичной обмотке.

Построение регулировочной характеристики

Для построения регулировочной характеристики необходимо задаться несколькими значениями угла управления α , для каждого из которых рассчитывается выпрямленное напряжение U_d . Диапазон углов α берется из условия регулирования выходного напряжения до нуля. Расчет ведется для режима, близкого к режиму холостого хода, т.е. не учитываются потери и явление коммутации. Далее строится зависимость $U_d = f(\alpha)$.

Внешние характеристики строятся по аналитическим выражениям. Необходимое значение L_s определяется из индуктивного сопротивления фазы, приведенного к вторичной обмотке трансформатора. Внешняя характеристика выпрямителя при $\alpha = 0$ ограничивается значением тока I_d , при котором угол коммутации $\gamma = \pi/3$. Внешние характеристики при других α строятся в этом же диапазоне токов.

Временные диаграммы напряжения на нагрузке строятся для номинального режима для двух значений угла управления: $\alpha = 0$ и указанного в задании. Диаграммы строятся с учетом явления коммутации.

Расчет пульсаций тока нагрузки и выбор сглаживающего дросселя

Пульсации тока нагрузки при ее активно-индуктивном характере определяются первой гармоникой выпрямленного напряжения. Поэтому вначале определяется амплитуда первой гармоники выпрямленного напряжения для двух значений угла управления: $\alpha = 0$ и заданного для данного варианта. При этом явление коммутации не учитывается. Далее рассчитывается амплитуда пульсаций тока I_{1m} и определяется коэффициент пульсации как

отношение I_{1m} / I_d . Если полученное значение коэффициента пульсаций тока больше заданного, рассчитывается индуктивность дополнительного дросселя, включаемого между выпрямителем и нагрузкой.

Расчет спектрального состава тока, потребляемого из сети

Принимаем, что ток нагрузки выпрямителя идеально сглажен, а интервал коммутации достаточно мал. При этих допущениях кривая фазного тока имеет прямоугольную форму. Необходимо определить действующее значение первичного тока трансформатора и действующее значение первой гармоники первичного тока, а также рассчитать коэффициент искажения синусоидальности кривой тока в соответствии с ГОСТ Р 54130-2010.

Выбор тиристоров следует проводить исходя из режима максимального тока нагрузки $I_{d, \max}$, то есть при максимально возможном входном напряжении $1,1U_1$ и $\alpha = 0$. Порядок выбора следующий:

1) По известному току $I_{d, \max}$ определяются среднее $I_{\text{ср}}$ и действующее значение тока тиристора.

2) По среднему значению тока предварительно выбирается тиристор. Из технических справочников, промышленных каталогов или иной документации производителя выписываются его параметры.

3) По максимальному обратному напряжению, которое может быть приложено к тиристорам в рассматриваемом выпрямителе, выбирается класс тиристора по напряжению. В зависимости от максимально допустимого значения повторяющегося импульсного напряжения в закрытом состоянии силовым полупроводниковым приборам присваивается класс по напряжению, который обозначается числом от 1 до 60. Для повышения надежности работы тиристоров их обычно выбирают с некоторым запасом по напряжению.

ВОПРОСЫ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ (ЭКЗАМЕН) ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Принципы работы основных видов полупроводниковых приборов.
2. Силовые диоды.
3. Силовые транзисторы.
4. Силовые тиристоры.
5. Сравнение силовых полупроводниковых ключей и тенденции их развития.
6. Безопасные режимы и защита силовых полупроводниковых приборов.
7. Конструкция и охлаждение силовых полупроводниковых приборов.
8. Электромагнитные пассивные компоненты силовой электроники.
9. Емкостные пассивные компоненты силовой электроники.
10. Однофазные неуправляемые выпрямители при работе на активную нагрузку.
11. Трехфазные неуправляемые выпрямители при работе на активную нагрузку.
12. Управляемые выпрямители при работе на активную нагрузку.
13. Работа выпрямителя на активно-емкостную нагрузку.
14. Работа выпрямителя на активно-индуктивную нагрузку.
15. Работа выпрямителя на против-ЭДС.
16. Многомостовые выпрямители.
17. Гармонический состав выпрямленного напряжения.
18. Явление коммутации в выпрямителях.
19. Внешняя характеристика выпрямителя.
20. Влияние выпрямителей на сеть переменного тока.
21. Ведомые инверторы: принцип работы, схемы, управление.
22. Характеристики и режимы работы ведомого инвертора.
23. Автономные инверторы тока и напряжения: принцип работы.
24. Трехфазные тиристорные автономные инверторы.
25. Автономные инверторы с широтно-импульсной модуляцией.
26. Непосредственные преобразователи частоты.
27. Двухзвенные преобразователи частоты.
28. Управление мощностью средствами энергетической электроники.
29. Улучшение гармонического состава потребляемого тока.
30. Полупроводниковые преобразователи в системах электроснабжения с возобновляемыми источниками электроэнергии.